

## (12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
4. März 2004 (04.03.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2004/019564 A1(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H04L 12/56

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/009190

(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. August 2003 (19.08.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 38 290.5 21. August 2002 (21.08.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE];  
Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

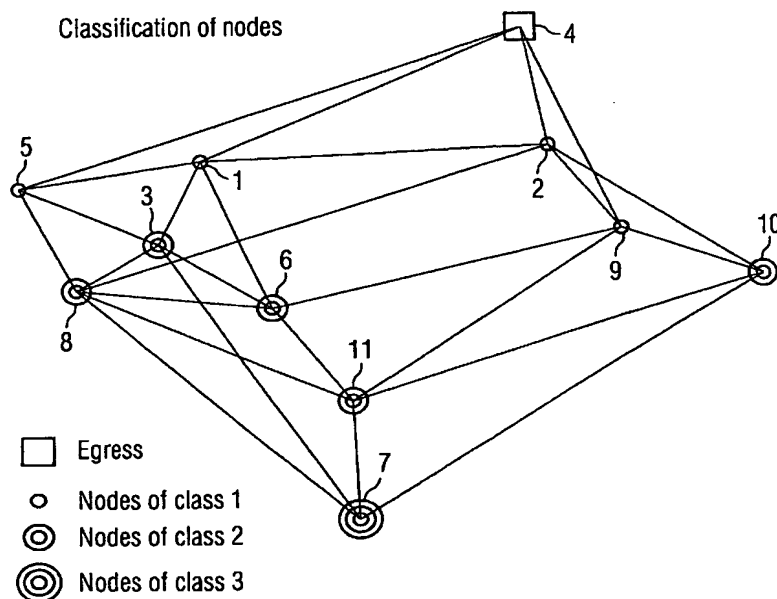
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LE COZANNET,  
Gonéri [FR/FR]; 26, rue Jeanne d'Arc, F-76000 Rouen(FR). ANDRIEU, Jeremie [FR/DE]; Schwannsestr.  
79, 81549 München (DE). KIRSTÄDTER, Andreas  
[DE/DE]; Raiffeisenstr. 6, 85560 Ebersberg (DE).(74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGE-  
SELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80506 München  
(DE).(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,  
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DISTRIBUTION COMPARTMENTS FOR AN EFFICIENT AND FAILSAFE TRAFFIC DISTRIBUTION IN A PACKET-SWITCHED NETWORK

(54) Bezeichnung: VERTEILUNGSFÄCHER FÜR EINE EFFIZIENTE, AUSFALLSICHERE VERKEHRSVERTEILUNG IN EINEM PAKETNETZ



(57) Abstract: The invention relates to a method for establishing a distribution compartment in a packet-switched network. A classification of the network nodes is carried out according to output nodes of the network during which the class of a node is determined according to the minimum number of hops between the network nodes and the output nodes. Based on the classification, distribution compartments for flows can be established as to provide a freedom from loops and to enable a flexible reaction to malfunctions.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Festlegung eines Verteilungsfächers in einem Paketnetz. Nach Maßgabe von Ausgangsknoten des Netzes wird eine Klassifizierung der Netzknoten vorgenommen, bei der sich die Klasse eines Knoten nach der minimalen Anzahl der Hops zwischen dem Netzknoten und dem Ausgangsknoten bestimmt. Auf die Klassifizierung aufbauend können Verteilungsfächer für Flows so festgelegt werden, dass Schleifenfreiheit gegeben ist und dass auf Störfälle flexibel reagiert werden kann.

## Beschreibung

Verteilungsfächer für eine effiziente, ausfallsichere Verkehrsverteilung in einem Paketnetz

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Festlegung eines Verteilungsfächers in einem Paketnetz für Paketverkehr mit demselben Ausgangsknoten im Sinne einer effizienten, ausfallsicheren Verkehrsverteilung.

10

Gegenwärtig ist ein zentrales Ziel der Weiterentwicklung von Paketnetzen Echtzeitdienste über Paketnetze anbieten zu können. Die Entwicklungsaufgaben umfassen Aspekte der Vermittlungstechnik, Netzwerktechnik und Internettechnologie.

15

Herkömmlich werden Paketnetze vor allem für die Übertragung von zeitunkritischen Daten wie z.B. Filetransfer oder elektronische Mail verwendet. Ziel neuerer Entwicklungen ist es, auch Dienste mit Echtzeitanforderungen wie z.B. Telefonie, die herkömmlich über leitungsvermittelte Netzwerke abgewickelt wird, und Videoinformationen zu übertragen.

20

Diese beabsichtigte Erweiterung des Dienstespektrums involviert entsprechende Anforderungen an die Übertragungsqualität. Für Dienste mit Echtzeitübertragung müssen bestimmte Qualitätsparameter, z.B. Grenzen für die Verzögerung und für den Verlust von Datenpaketen, eingehalten werden. In der Fachliteratur spricht man in diesem Zusammenhang häufig von Quality of Service, abgekürzt QoS, Parametern bzw. Anforderungen.

25

30

Die am weitesten verbreitete Paketnetztechnologie, die auf dem IP (Internet Protocol) Protokoll basiert, sieht herkömmlich bei der Übertragung von Paketen nur ein Best-effort-Routing vor. Pakete werden von Punkt zu Punkt bzw. von Router zu Router übertragen, wobei der jeweilige Router nur lokal eine Entscheidung über die Weiterübertragung der Pakete zum

35

nächsten Router entscheidet. In der Internetterminologie spricht man von einzelnen Hops. Im Rahmen dieses Best-effort-Verfahrens lassen sich keine Quality-of-Service-Parameter garantieren. Es ist keine entsprechende Kontrolle der Verzögerungszeiten oder der Paketverlustrate vorgesehen. Diese beiden Parameter können erhebliche Werte annehmen, z.B. wenn es zu Engpässen bei einzelnen Routern bzw. auf einzelnen Links kommt.

- 10 Eine Vorgehensweise bei Paketnetzen, um die für die Quality-of-Service-Niveau-Übertragung notwendige Kontrolle zu gewährleisten, ist die Reservierung von Pfaden von Ende zu Ende bzw. von Host zu Host. Verfahren, die mit Pfadreservierung arbeiten, sind beispielsweise das ATM (Asynchronos Transfer
- 15 Mode) Verfahren oder für IP-Netze das MPLS (Multi Protocol Label Switching) Verfahren. Die Reservierung von vollständigen Pfaden hat den Nachteil hoher Komplexität, geringer Flexibilität und schlechter Ressourcen-Ausnutzung. Deshalb wurden für das IP-Netz andere Verfahren entwickelt, die zumindest teilweise die Flexibilität des ursprünglichen IP-
- 20 Konzeptes mit Best-effort bewahren. Ein solcher Ansatz ist das DIFF-Serve-Konzept (Differentiated Services Konzept), bei dem Pakete bei Eintritt in ein Teilnetz priorisiert werden und innerhalb des Teilnetzes entsprechend ihrer Priorisierung
- 25 behandelt werden. Letztlich führt dieser Ansatz aber nicht zu echten Quality-of-Service-Garantien, sondern nur zur Einführung von Class-of-Service-Kategorien.

Die Erfindung hat zur Aufgabe, Datenübertragung mit Quality-of-Service-Garantien über ein Paketnetz zu ermöglichen, wobei Nachteile herkömmlicher Verfahren vermieden werden.

Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren nach Anspruch 1.

- 35 Der Ausgangspunkt für das erfindungsgemäße Verfahren ist das folgende Konzept für Netze mit Quality-of-Service-Datenübertragung. Eine effiziente Übertragung von Datenpake-

ten, die für eine Quality-of-Service-Übertragung notwendige Grenzen für Verzögerungszeiten und Verlustraten respektiert, lässt sich durch eine strikte Kontrolle des Verkehrsaufkommens in einem Netz verbunden mit einer flexiblen Verteilung des Verkehrs innerhalb des Netzes erreichen. Im Zentrum der folgenden Ausführungen steht die effiziente Verteilung von Datenpaketen innerhalb eines Paketnetzes für das gesamte Verkehrsaufkommen durch Zulässigkeitsüberprüfungen an den Netzrändern beschränkt werden kann.

Es sei ein Paketnetz mit Knoten (beispielsweise gebildet durch Router) gegeben. Weiter seien die Knoten mit Hilfe von physikalischen Verbindungen - im Folgenden als Verbindungsabschnitte bezeichnet, vernetzt. Erfindungsgemäß wird angegeben, wie Paketverkehr innerhalb des Netzes so verteilt werden kann, dass Engpässe oder Beeinträchtigungen durch den Ausfall von Übertragungsabschnitten weitgehend vermieden werden.

Für die Beschreibung der Erfindung werden im Folgenden einige Begriffe eingeführt bzw. definiert. Im Rahmen des Konzeptes für die Garantie von Qualitätskriterien bei der Übertragung von Datenpaketen über ein Paketnetz mit Hilfe von Zulässigkeitskontrollen und Verkehrsverteilung werden Datenpakete mit dem selben Eingangs- und Ausgangsknoten zusammengefasst. Im Folgenden wird die Gesamtheit solcher Pakete als Flow bezeichnet, d.h. ein Flow ist gegeben durch die Datenpakete, die zwischen dem selben Eingangs- und Ausgangspunkt des Netzes über beliebige Pfade innerhalb des Netzes übertragen werden. Diese Definition unterscheidet sich von der üblichen Definition von Flow, bei der die Übertragung von Endpunkt zu Endpunkt, d.h. z.B. von Host zu Host oder von Endgerät zu Endgerät betrachtet wird. Verteilfächer werden pro Flow definiert und umfassen die Gesamtheit der möglichen Wege von Datenpaketen eines Flows. Es ist sinnvoll, möglichst eine Reihe von verschiedenen Pfaden für Pakete eines Flows zuzulassen, um Flexibilität zu gewährleisten. Es kann abschnittsweise zudem mit Gewichten gearbeitet werden, um bestimmte Pfade bzw.

bestimmte Verbindungsabschnitte bei der Verkehrsverteilung stärker zu gewichten, beispielsweise weil dort eine höhere Übertragungskapazität zur Verfügung steht. Um die Verteilfächer näher zu charakterisieren, wird der Begriff „Link“ verwendet. Ein Verteilfächer besteht dann aus einer Vielzahl von (logischen) Links. Ein (logischer) Link bezeichnet einen (physikalischen) Verbindungsabschnitt, über den der zugehörige Verteilfächer des Links Datenpakete übertragen kann. Im Gegensatz zu den (physikalischen) Verbindungsabschnitten wird den (logischen) Links eine Richtung zugeordnet, die angibt, in welcher Richtung der Verteilungsfächer des Links Datenpakete über den Verbindungsabschnitt übertragen kann.

Erfindungsgemäß werden Netzknoten in Abhängigkeit eines Ausgangsknoten für Flows klassifiziert. Die Klasse bestimmt sich aus der minimalen Anzahl der Hops bzw. der Verbindungsabschnitte zwischen dem jeweiligen Knoten und dem Ausgangsknoten. Die Bestimmung der minimalen Anzahl an Hops kann beispielsweise für IP-Netze mit Hilfe von durch Routingprotokolle wie SPF oder OSPF ausgetauschte Topologieinformationen erfolgen. Netzknoten, die den selben Abstand im Sinne von der minimalen Anzahl an Hops zu dem Ausgangsknoten haben, gehören zu der selben Klasse. Im Folgenden wird der Einfachheit halber von Netzknoten der Klasse N gesprochen, wobei N eine natürliche Zahl ist und die minimale Anzahl an Hops zudem Ausgangsknoten bezeichnet. Von Knoten der Klasse N können nun Links zu Knoten der Klasse N-1, d.h. in Richtung des Ausgangsknoten geführt werden. Um eine möglichst große Vielfalt von Wegen zu haben, ist es sinnvoll, für einen Knoten der Klasse N > 1 für alle Verbindungsabschnitte zu Knoten der Klasse N-1 logische Links einzuführen. Die so eingeführten logischen Links führen immer von Knoten einer Klasse mit einer größeren minimalen Anzahl an Hops (Klasse N) zu einer Klasse mit einer um 1 geringeren minimalen Anzahl an Hops (Klasse N-1). Die so definierten Links beinhalten folglich keine Schleifen. Zudem ist es noch möglich, innerhalb einer Klasse logische Links einzuführen, wobei auf Schleifenfrei-

heit geachtet werden sollte. Neben der Schleifenfreiheit ist auf folgende zwei Aspekte bei der Einführung von logischen Links innerhalb einer Klasse Rücksicht zu nehmen: Es sollten alle Knoten nach Möglichkeit viele ausgehende Links aufweisen, um Alternativen bei Störfällen zu haben. Deswegen sollte die untere Grenze der Anzahl von ausgehenden Links für eine Klasse möglichst groß sein. Der andere Aspekt ist, dass innerhalb einer Klasse möglichst viele Links festgelegt werden sollten, um die Anzahl der Wegalternativen zu optimieren, wobei auf Schleifenfreiheit innerhalb der Klasse zu achten ist.

Durch die Einführung von Klassen und die Definition von Links von Knoten der jeweils höheren Klasse zur niedrigeren Klasse wird ein Gerüst für Flow-bezogene Verteilungsfächer festgelegt, das durch Links innerhalb der einzelnen Klassen ergänzt werden kann. Wesentliche Vorteile sind Effizienz und Schleifenfreiheit. Die erfindungsgemäße Verkehrsverteilung konzentriert sich auf Links zwischen Klassen. Bei der Verwendung von der Anzahl der Hops als Metrik minimierte das Routing von höheren zu niedrigeren Klassen den Weg der Datenpakete. Das Routing bzw. die Verteilung innerhalb von Klassen kann auf ein Minimum beschränkt werden. Dadurch sind möglichst kurze Pfade und folglich ein effizientes Routing sichergestellt. Das Routing von höheren Klassen zu niedrigeren Klassen von Knoten ist unidirektional. Schleifen, die Knoten von mehr als einer Klasse umfassen, sind bei diesem Routing ausgeschlossen. Das Problem, Schleifenfreiheit im Gesamtnetz herzustellen, reduziert sich auf eine Linkfestsetzung innerhalb von Klassen von Knoten, bei der Schleifenbildung innerhalb der Klasse vermieden werden muss. Das ursprüngliche Problem ist damit auf ein Problem eines erheblich geringeren Komplexitätsgrades abgebildet.

Für eine schleifenfreie Festlegung von Links innerhalb einer Klasse kann man wie folgt vorgehen:

- Die Knoten der Klasse werden entsprechend der Anzahl an ausgehenden Links bzw. bei Knoten mit derselben Anzahl an ausgehenden Links entsprechend der Kapazität der eingehenden Links in eine Reihenfolge gebracht.

- 5 - Wenigstens für einen Teil der Knoten werden entsprechend des Reihenfolge für jeden Knoten die folgenden Schritte durchgeführt:

-- Von dem jeweiligen Knoten wird der kürzeste Pfad zu der Menge der Knoten der Klasse, die um 1 geringer ist, identifiziert, wobei Pfade über die ausgehende Links, die direkt zu Knoten der Klasse N-1 führen, nicht betrachtet werden. Durch die Identifikation des kürzesten Pfades wird Verkehrsverteilung innerhalb der Klasse minimiert, d.h. für ein effizientes Routing gesorgt. Bei mehreren Pfaden mit minimalen Abstand zu der nächst niedrigen Klasse können alle auf Schleifenfreiheit untersucht werden.

-- Wenn ein identifizierter Pfad nicht zu einer Schleife innerhalb der Knoten der Klasse führt, wird der Link über den ersten Verbindungsabschnitt des identifizierten Pfades als Link in Verteilungsfächer aufgenommen. Im Falle von mehreren identifizierten Pfaden kann bei Schleifenfreiheit einer ausgewählt werden oder auch eine Festlegung von mehr als einem Link für den betrachteten Knoten vorgenommen werden.

25 Die erfindungsgemäße Festlegung von Verteilungsfächern hat den Vorteil einer großen Flexibilität und geringen Störanfälligkeit. Der erfindungsgemäß festgelegte Verteilungsfächer bezieht sich erst einmal lediglich auf einen Ausgangsknoten (egress node). Aus dem Verteilungsfächer kann eine Verkehrsverteilung für alle Flows, die über den Ausgangsknoten übertragen werden, abgeleitet werden, indem eine Auswahl von Links des Verteilungsfächers durchgeführt wird. Beispielsweise wird für einen Flow der Eingangsknoten (ingress node) in die Klassifizierung mit einbezogen. Die Gesamtheit der Pfade von dem Eingangsknoten des Flows zu dem Ausgangsknoten, die



über Links des Verteilungsfächers führen, definiert eine Untermenge der Links des Verteilungsfächers, die wiederum einen Verteilungsfächer für den betrachteten Flow festlegen. Die Routingtabellen der Router des Paketnetzes können nun nach Maßgabe der Verteilungsfächer für Flows eingerichtet werden. Das Routing bzw. die Weitervermittlung von Datenpaketen innerhalb des Paketnetzes erfolgt dann nach Maßgabe des Verteilungsfächers für den zugehörigen Flow. Ein Flow kann über mehrere Pfade des zugehörigen Verteilungsfächers verteilt werden, um eine ausgeglichene Verkehrsverteilung zu gewährleisten. Diese Verteilung kann z.B. nach Maßgabe von Verbindungszugehörigkeit von Paketen bzw. entsprechend der Ziel- und Ursprungsadresse des Paketes erfolgen. Datenübertragung mit QoS Niveau ist realisierbar, indem man das gesamte Verkehrsaufkommen des Netzes beschränkt und durch die erfindungsgemäße Verkehrsaufteilung

- Verzögerungen vermeidet durch Konzentration auf Routing von höheren Klassen zu niedrigeren Klassen und
- Verkehrsspitzen (und damit Engpässe) durch Verkehrsverteilung und Alternativpfade vermeidet.

Die Verkehrsverteilung kann dynamisch anhand der aktuellen Verkehrswerte vorgenommen werden, wobei der Verteilungsfächer so konzipiert ist, dass jeder einzelne Knoten möglichst Alternativen für die Weiterleitung von Datenpaketen eines Flows hat.

Die vorgestellte Klassifizierung nach Maßgabe eines Ausgangsknoten kann für alle Flows, die das Paketnetz bei dem Ausgangsknoten verlassen, zur Reaktion auf Linkausfälle verwendet werden. Da in der Umgebung des Ausgangsknoten bezüglich der Wegevielfalt ein Engpass auftritt, ist es sinnvoll, die Klassifizierung zumindest für Knoten in der Umgebung des Ausgangsknoten durchzuführen. Für eine Anwendung bei beliebigen die betrachteten Flows betreffenden Linkausfällen ist eine Klassifizierung aller Knoten, über die zu Flows mit dem betrachteten Ausgangsknoten gehöriger Verkehr geführt wird,

bzw. eine Klassifizierung aller Knoten des Datennetzes zweckdienlich. Das Verfahren bzw. die Klassifizierung kann für alle Ausgangsknoten und damit für alle möglichen Flows vorgenommen werden.

5

Bei Ausfall eines ausgehenden Linkes eines erfindungsgemäß klassifizierten Knoten kann auf folgende Weise reagiert werden: Für den Fall, dass der Knoten zwei oder mehr ausgehende Links aufweist, kann der Verkehr, der normal über den ausgefallenen Links geleitet würde, über den bzw. über die anderen Links des Knoten verteilt werden. Wenn der einzige ausgehende Link eines Knotens ausfällt, kann die Richtung der auf den Knoten zugehenden Links, die bei Knoten der selben Klasse ihren Ausgangspunkt haben, invertiert werden. Bei Ausfall des einzigen ausgehenden Links eines Knotens der keine auf ihn zuführenden Links von Knoten der selben Klasse hat, können alle auf ihn zuführenden Links anderer Klassen, d.h. für einen Link der Klasse N in der Regel die Links zu Knoten der Klasse N+1 invertiert werden.

20

Wenn die Ausfallszeit einen bestimmten Grenzwert überschreitet, kann eine Neubestimmung der Klasse des Knotens mit dem ausgefallenen Links durchgeführt werden.

25 Im Folgenden wird die Erfindung im Rahmen von Ausführungsbeispielen anhand von Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 Netzabschnitt mit erfindungsgemäßer Klassifizierung von Knoten

30

Figur 2 Festlegung von Links zwischen Knoten verschiedener Klassen

Figur 3 Festlegung von Links zwischen Knoten derselben Klasse

35

Figur 4 Illustration der Engstelle nahe eines Ausgangsknotens

5      Figur 5 Reaktion auf Linkausfall durch Verkehrsumleitung über alternative ausgehende Links

Figur 6 Reaktion auf ausfallenden Link durch Invertierung eines eingehenden Links der selben Klasse

10    Figur 7 Reaktion auf Linkausfall durch Invertierung von Links zu Knoten anderer Klassen

Figur 8 Reaktion auf Linkausfall durch Neuklassifizierung des Knotens.

15

Für einen Ausgangsknoten wird ein Verteilungsfächer, der alle Knoten des Netzes umfasst, auf folgende Weise konstruiert: Für alle Knoten wird der Abstand in der minimalen Anzahl von Hops gemessen, die zu dem Ausgangsknoten führen. Die Anzahl der Hops bestimmt dann die Klassenzugehörigkeit. Für jeden Knoten einer Klasse N werden dann auf allen Verbindungsabschnitten zwischen dem Knoten und Knoten der Klasse N-1 Links festgelegt, die zu den Knoten der Klasse N-1 führen. Die Bestimmung von Knoten innerhalb einer Klasse erfolgt in folgenden Schritten. Zuerst werden die Knoten einer Klasse nach der Anzahl der von dem Knoten ausgehenden Links und der Kapazität der eingehenden Links geordnet. Bei dieser Einordnung werden Links in der Reihenfolge der Anzahl der ausgehenden Links betrachtet, wobei ausgehend von Knoten mit weniger ausgehenden Links zu Knoten mit mehr ausgehenden Links vorgegangen wird. Bei Knoten, die die selbe Anzahl von ausgehenden Links haben, werden die zuerst betrachtet, die eine höhere Kapazität der eingehenden Links haben. Falls die Kapazität der eingehenden Links nicht bekannt ist, kann auch alternativ die Anzahl der eingehenden Links betrachtet werden. In dieser Reihenfolge werden für die Knoten einer Klasse N Links innerhalb der Klasse festgesetzt. Die Schritte sind dann:

20

25

30

35

1. Wähle einen Knoten der Klasse N entsprechend der oben definierten Reihenfolge.
2. Identifiziere den kürzesten Pfad zu der Menge der Knoten der Klasse, die um 1 geringer ist, wobei der Pfad nicht über die ausgehenden Links, die direkt zu Knoten der Klasse N-1 führen, führen darf.
3. Wenn dieser Pfad nicht zu einer Schleife innerhalb der Knoten der Klasse N führt, wird der Link über den ersten Verbindungsabschnitt des identifizierten Pfades als Link in den Verteilungsfächer aufgenommen.
4. Danach wird der nächste Knoten der Klasse N in der oben definierten Reihenfolge betrachtet.

Auf diese Weise wird eine möglichst große Zahl von Links innerhalb einer Klasse eingeführt, die die beiden Bedingungen Schleifenfreiheit und eine möglichst kleine untere Grenze für die minimale Anzahl ausgehender Links erfüllt.

Figur 1 zeigt beispielhaft 11 Knoten eines Netzes, für die eine erfindungsgemäße Klassifizierung vorgenommen wird. Der Ausgangsknoten ist durch ein Viereck gekennzeichnet. Knoten der Klasse 1 sind durch einen Kreis, Knoten der Klasse 2 durch einen Doppelkreis und Knoten der Klasse 3 durch einen dreifachen Kreis dargestellt. Verbindungsabschnitte zwischen den Knoten sind durch durchgezogene Linien gekennzeichnet.

Figur 2 zeigt die Einführung von Links zwischen Knoten verschiedener Klassen, die Links von Klasse 1 zu Klasse 0 sind durch eine gepunktete Linie und die Richtung durch eine Pfeilspitze dargestellt. Es bestehen folgende Links zwischen Klasse 1 und 0:

- Von Knoten 5 zu Knoten 4
- Von Knoten 1 zu Knoten 4
- Von Knoten 2 zu Knoten 4
- Von Knoten 9 zu Knoten 4.

Links von der Klasse 2 zu der Klasse 1 sind durch eine gestrichelte Linie dargestellt und ihre Richtung durch Pfeilspitzen. Es bestehen folgende Links der Klasse 2 zur Klasse 1:

- 5 - Von Knoten 8 zu Knoten 5
- Von Knoten 3 zu Knoten 5
- Von Knoten 3 zu Knoten 1
- Von Knoten 6 zu Knoten 1
- Von Knoten 6 zu Knoten 9
- 10 - Von Knoten 11 zu Knoten 9
- Von Knoten 10 zu Knoten 9
- Von Knoten 10 zu Knoten 2.

Schließlich sind durch eine Linie, wo sich Striche und Punkte abwechseln, und durch Pfeilspitzen die Links von der Klasse 3 zur 2 gekennzeichnet. Es handelt sich um folgende Links:

- Von Knoten 7 zu Knoten 8
- Von Knoten 7 zu Knoten 3
- Von Knoten 7 zu Knoten 10.

20

Figur 3 zeigt, wie Links innerhalb von Klassen festgelegt werden entsprechend der oben beschriebenen Methode. Links innerhalb der Klasse 1 sind durch gepunktete Pfeile und Links innerhalb der Klasse 2 durch gestrichelte Pfeile gekennzeichnet.

25 Die Links innerhalb der Klasse 1 umfassen:

- Von Knoten 5 zu Knoten 1
- Von Knoten 1 zu Knoten 2
- Von Knoten 9 zu Knoten 2.

30 Die Links innerhalb der Klasse 2 umfassen:

- Von Knoten 10 zu Knoten 11
- Von Knoten 11 zu Knoten 6
- Von Knoten 11 zu Knoten 8
- Von Knoten 3 zu Knoten 6
- 35 - Von Knoten 3 zu Knoten 8.

Links zwischen verschiedenen Klassen sind in der Figur 3 durch durchgezogene Pfeile gekennzeichnet.

In Figur 4 sind alle Links durch durchgezogene Pfeile gekennzeichnet. Nahe dem Ausgangsknoten 4 gibt es topologisch be-  
5 dingt einen gewissen Engpass, denn der Wegefächer führt für alle Wege auf den selben Endpunkt, den Ausgangsknoten hin. So ist es beispielsweise leicht zu sehen, dass für einen schleifenfreien Wegefächer ein Knoten mit nur einem ausgehenden  
10 Link existiert. Denn hätten alle Knoten der Klasse 1 einen zweiten ausgehenden Link zu einem anderen Knoten der Klasse 1, ergäbe sich eine Schleife. In Figur 4 ist das der Knoten 2, der nur einen ausgehenden Link aufweist.

15 Die Figuren 5 bis 8 zeigen nun erfindungsgemäß vorgesehene Reaktionen auf den Ausfall eines Links.

In Figur 5 ist der Links zwischen den Knoten 6 und 9 ausgefallen. Wie durch einen gepunkteten Pfeil angedeutet, wird  
20 der Verkehr der normal zwischen den Knoten 6 und 9 übertragen worden wäre, nun über den Links von Knoten 6 nach Knoten 1 geführt.

In Figur 6 ist der einzige ausgehende Link von Knoten 2 zu  
25 Knoten 4 gestört. Als Reaktion - durch gepunktete Pfeile dargestellt - werden Links zu Knoten der selben Klasse invertiert und dadurch zu ausgehenden Links. Der Link von Knoten 1 zu Knoten 2 und der Link von Knoten 9 zu Knoten 2 wird die Richtung umgedreht.

30

In Figur 7 sind die Links zwischen Knoten 9 und Knoten 2 und zwischen Knoten 9 und Knoten 4 ausgefallen. Knoten 9 hat damit keine ausgehenden Links mehr und besitzt auch keine ankommenden Links von Knoten der selben Klasse. Als Reaktion  
35 werden sämtliche eingehenden Links von Knoten einer höheren Klasse invertiert. Es handelt sich um die Links von Knoten 6

zu Knoten 9, von Knoten 11 zu Knoten 9 und von Knoten 10 zu Knoten 9.

Figur 8 schließlich zeigt den selben Störfall wie Figur 7, wobei aufgrund der Dauer der Störung eine neue Klassifizierung des Knotens 9 stattgefunden hat. Knoten 9 ist nun statt der Klasse 1 als ein Knoten der Klasse 3 eingeordnet. Die gepunktete Pfeile beschreiben nun die im Vergleich zum ungestörten Fall geänderte Verkehrsführung aufgrund der neuen Klassifikation des Knotens 9.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Festlegung eines Verteilungsfächers in einem  
Paketnetz, das mit Knoten und Verbindungsabschnitten gebildet  
5 ist, für Paketverkehr mit demselben Ausgangsknoten, bei dem
  - Netzknoten in Klassen eingeteilt werden, und
  - sich die Klassen nach der minimalen Anzahl der Hops zwi-  
schen den Netzknoten und dem Ausgangsknoten bestimmen, wobei  
Netzknoten mit demselben minimalen Anzahl an Hops zu dersel-  
10 ben Klasse gehören.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,
  - dass von jedem Knoten einer Klasse wenigstens ein Link zu  
15 einem Knoten der Klasse mit einer um eins niedrigeren Anzahl  
an Hops geführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,
  - 20 - dass von jedem Knoten einer Klasse entlang jedes Verbin-  
dungsabschnittes zu einem Knoten einer Klasse mit einer um  
eins niedrigeren Anzahl an Hops ein Link geführt wird.
4. Verfahren nach einer der vorhergehenden Ansprüche,  
25 dadurch gekennzeichnet,
  - dass für wenigstens einen Knoten einer Klasse, den ein Ver-  
bindungsabschnitt mit einem Knoten derselben Klasse verbin-  
det, wenigstens ein Link zwischen dem Knoten und einem Knoten  
derselben Klasse festgelegt wird.  
30
5. Verfahren nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,
  - dass auf Verbindungsabschnitten zwischen Knoten einer Klas-  
se Links festgelegt werden, wobei die Festlegung



-- nach Maßgabe einer Maximierung der Zahl der ausgehenden logischen Links für den bzw. die Knoten der Klasse mit der geringsten Anzahl an ausgehenden Links und

-- nach maßgabe von Schleifenfreiheit bezüglich der Links  
5 zwischen Knoten der Klasse  
erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,

10 - dass für Knoten der Klasse die Knoten entsprechend der Anzahl an ausgehenden Links und gleicher Anzahl an ausgehenden Links bei Knoten entsprechend der Kapazität der eingehenden Links in eine Reihenfolge gebracht werden,

- dass wenigstens für einen Teil der Knoten entsprechend ihrer Reihenfolge für jeden Knoten die folgenden Schritte  
15 durchgeführt werden:

-- von dem Knoten wird der kürzeste Pfad zu der Menge der Knoten der Klasse, die um 1 geringer ist, identifiziert, wobei Pfade über die ausgehenden Links, die direkt zu Knoten  
20 der Klasse N-1 führen, nicht betrachtet werden, und

-- wenn ein identifizierter Pfad nicht zu einer Schleife innerhalb der Knoten der Klasse führt, wird der Link über den ersten Verbindungsabschnitt des identifizierten Pfades als Link in den Verteilungsfächer aufgenommen.

25

7. Verfahren nach einem der vorhergehende Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,

- dass bei einem Knoten, der einer Klasse zugeordnet ist und der wenigstens zwei ausgehende Links hat, bei Ausfall einer  
30 der ausgehenden Links der über diesen Link zu leitende Verkehr auf den anderen ausgehenden Link bzw. auf die anderen ausgehenden Links verteilt wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehende Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

- dass bei einem Knoten, der einer Klasse zugeordnet ist und der einen ausgehenden Link hat, bei Ausfall dieses ausgehenden Links

5 -- die Richtung aller auf ihn zugehenden Links, die bei Knoten derselben Klasse ihren Ursprung nehmen, invertiert werden, und

-- für den Fall, dass keine auf ihn zugehenden Links, die bei Knoten derselben Klasse ihren Ursprung nehmen, existieren,

10 alle auf ihn zugehenden Links invertiert werden.

9. Verfahren nach einem der vorhergehende Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- dass bei Ausfall eines ausgehenden Links eines in eine

15 Klasse eingeteilten Knoten die Klasse des Knotens neu festgesetzt wird, wenn die Dauer des Ausfalls einen Grenzwert übersteigt.

FIG 1

Classification of nodes

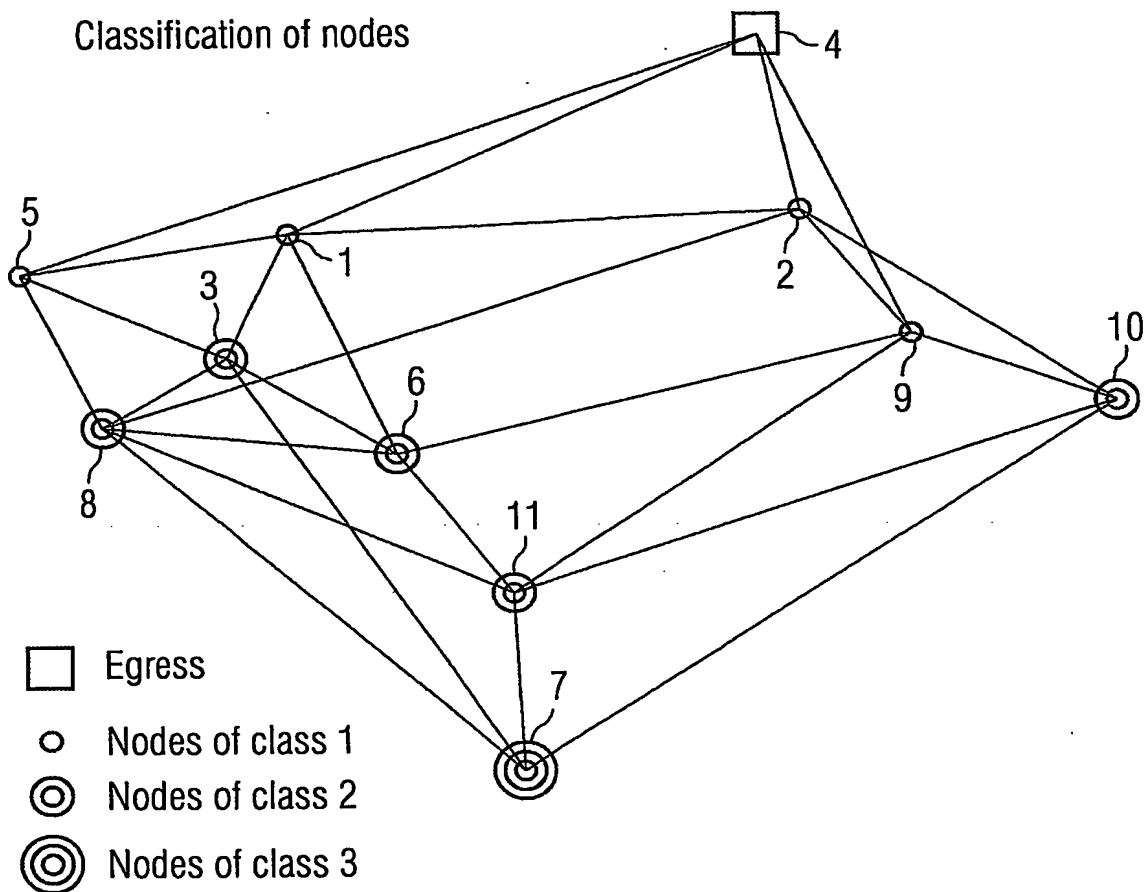
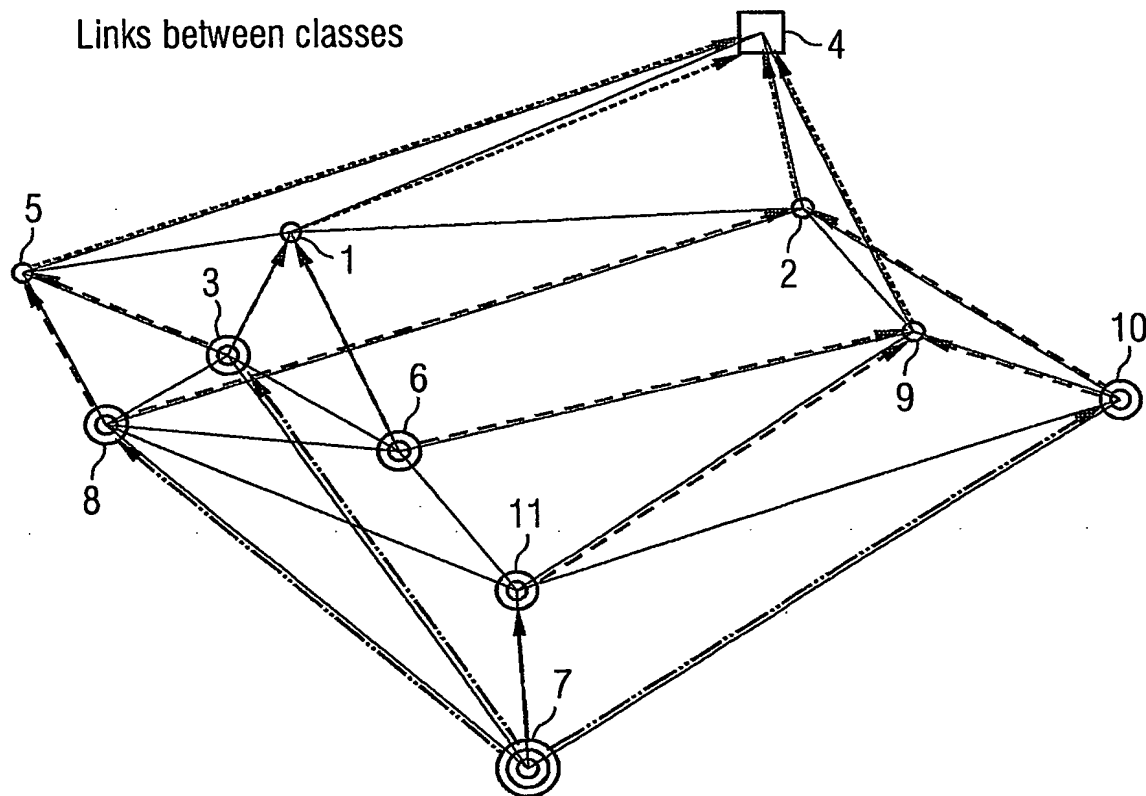


FIG 2

Links between classes



- .....> Link from class 1 to class 0
- > Link from class 2 to class 1
- · - · -> Link from class 3 to class 2

FIG 3

Links within classes

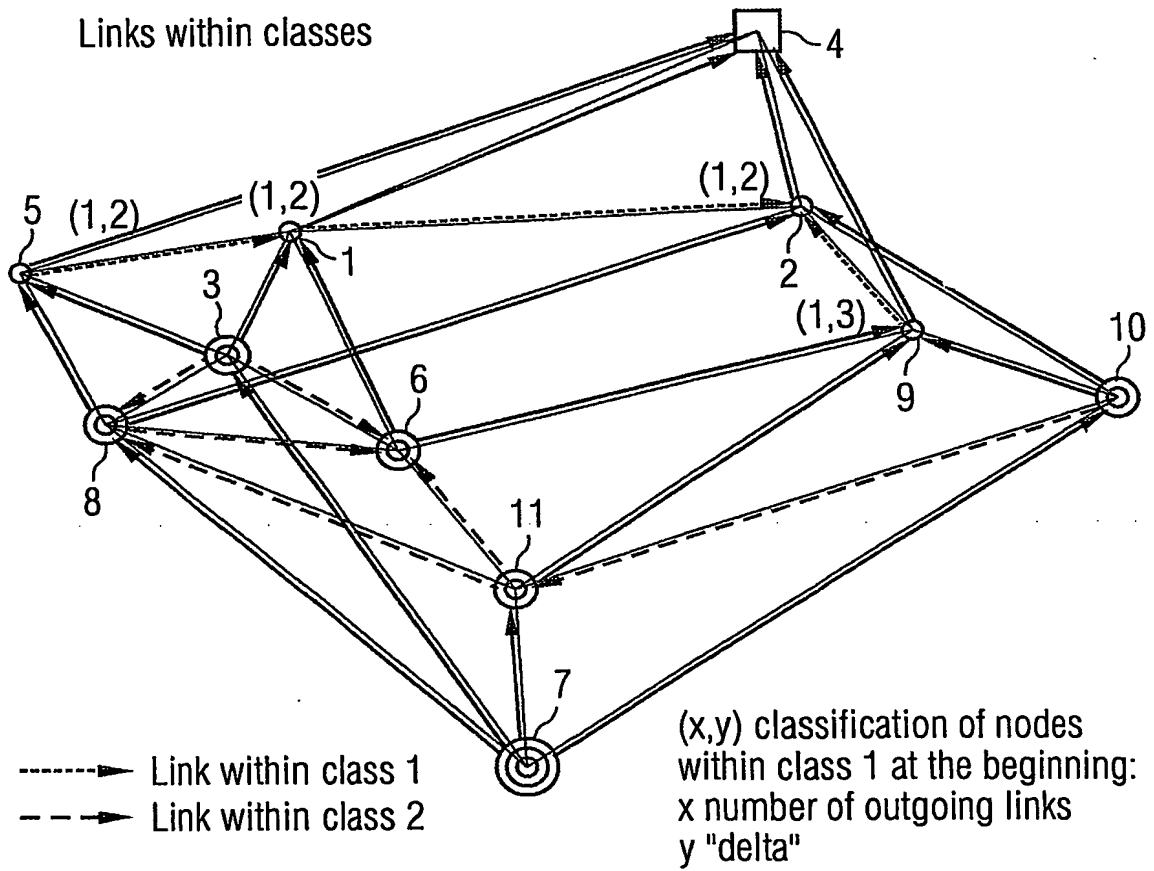


FIG 4

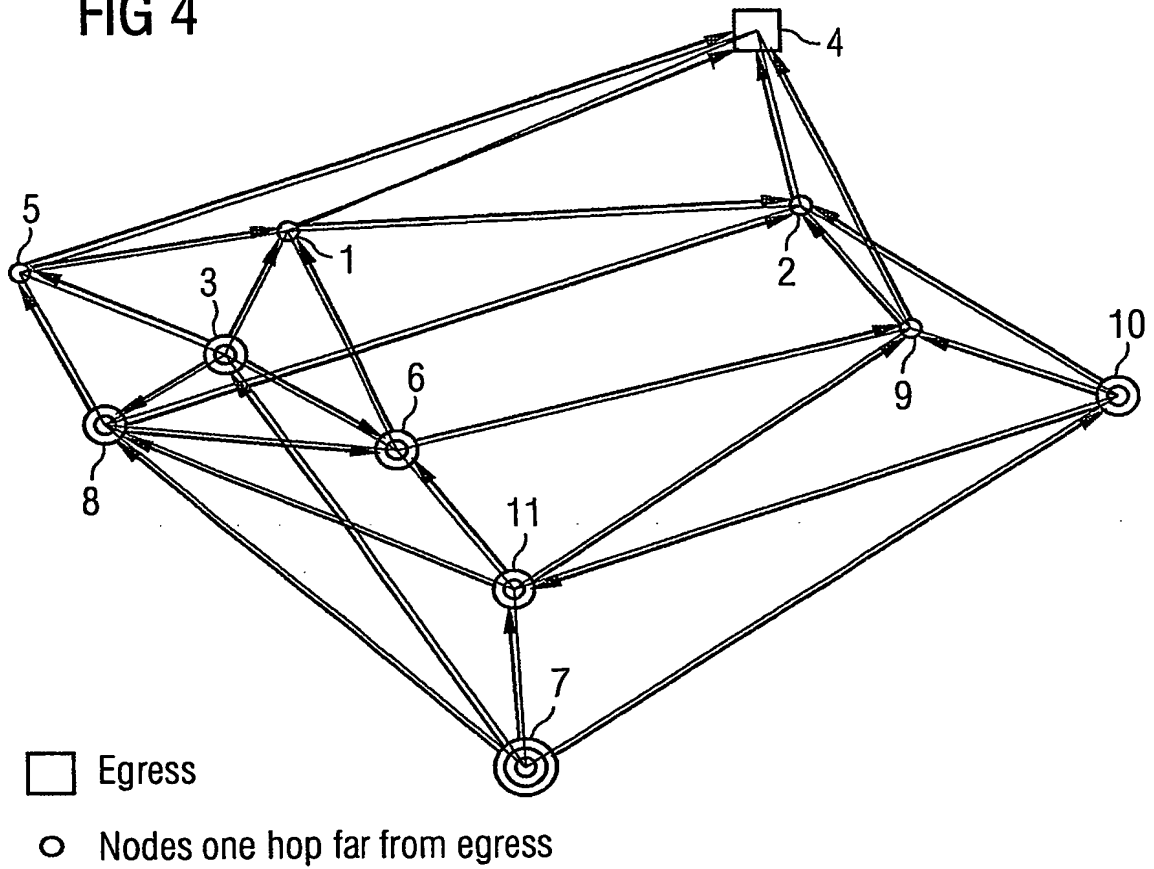


FIG 5

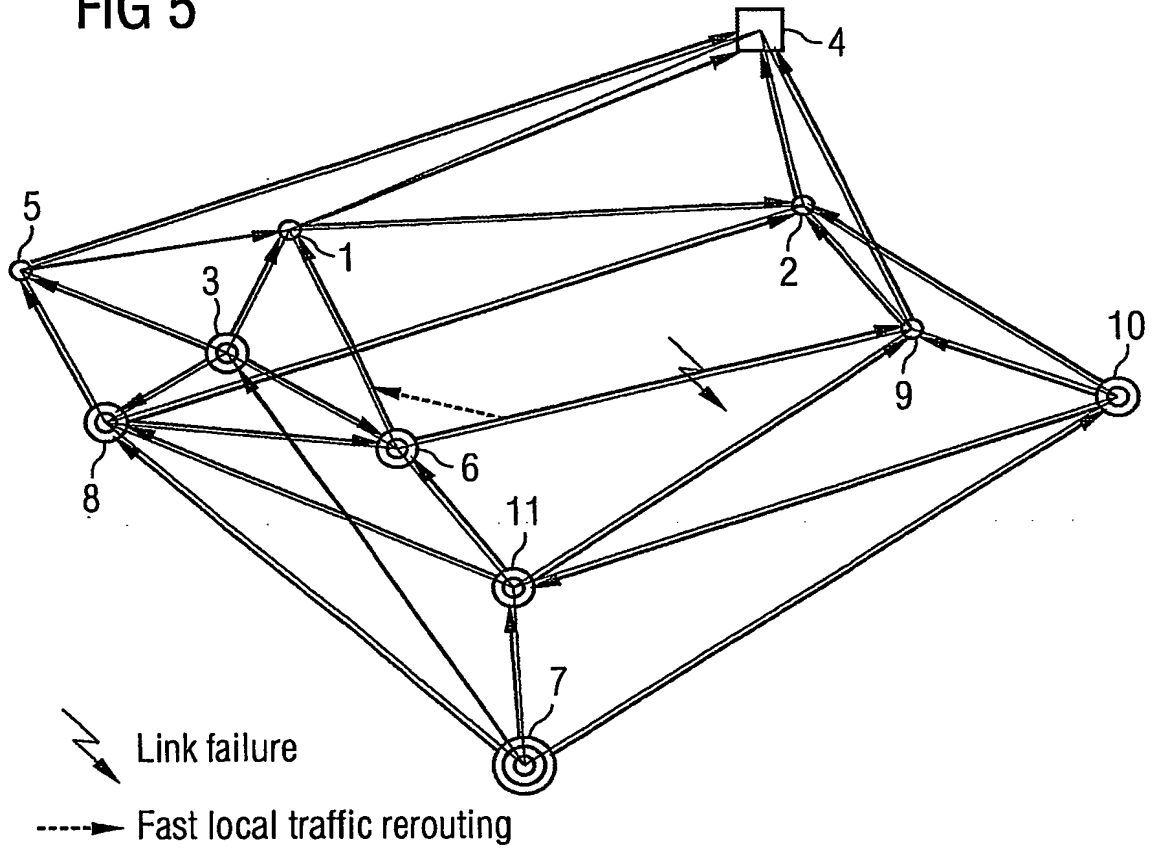


FIG 6

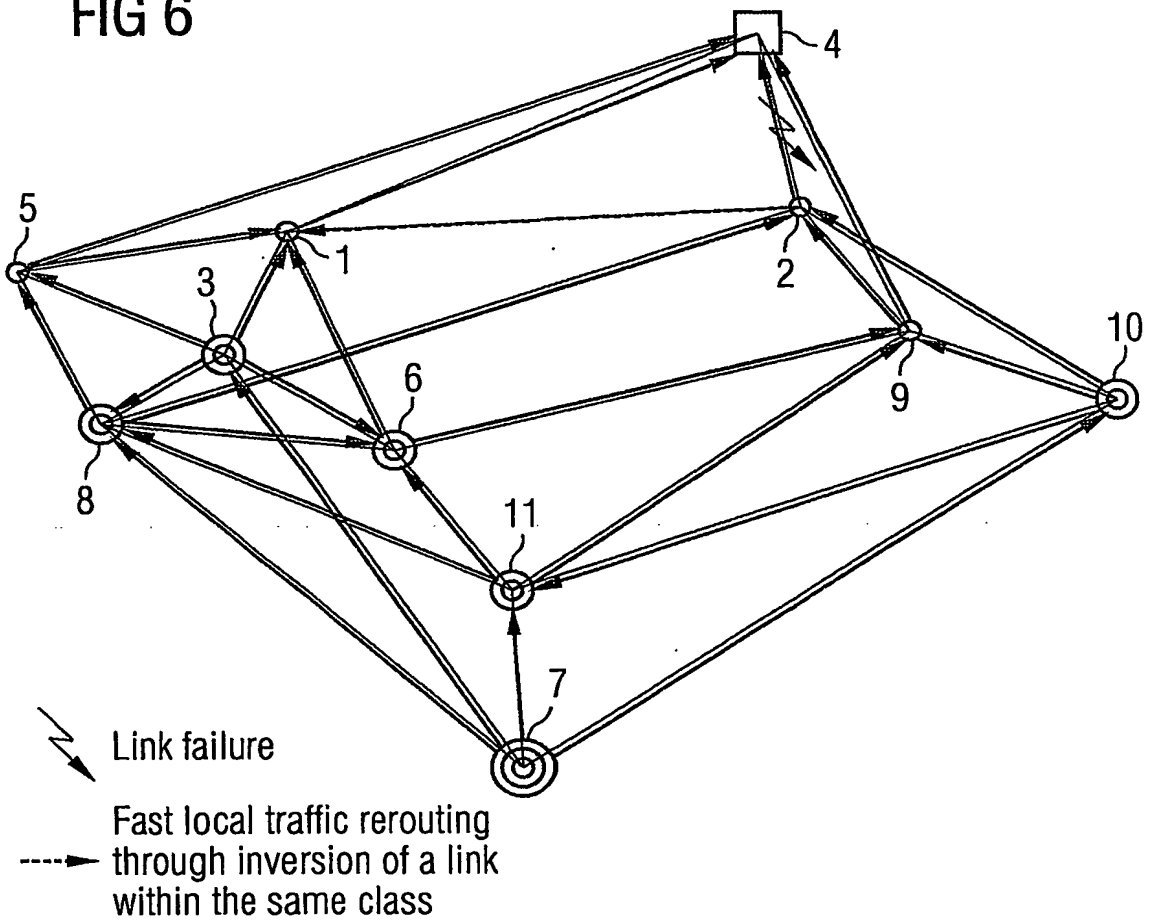




FIG 7

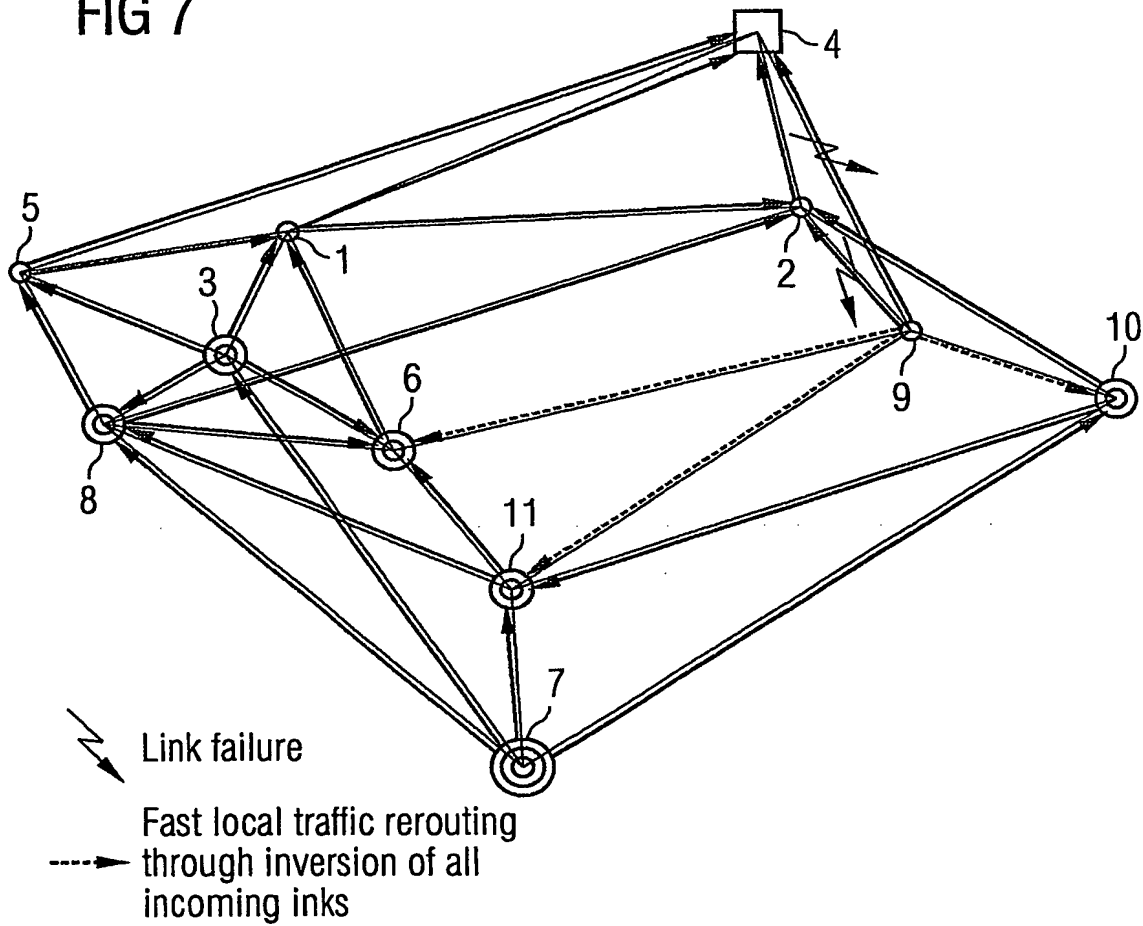
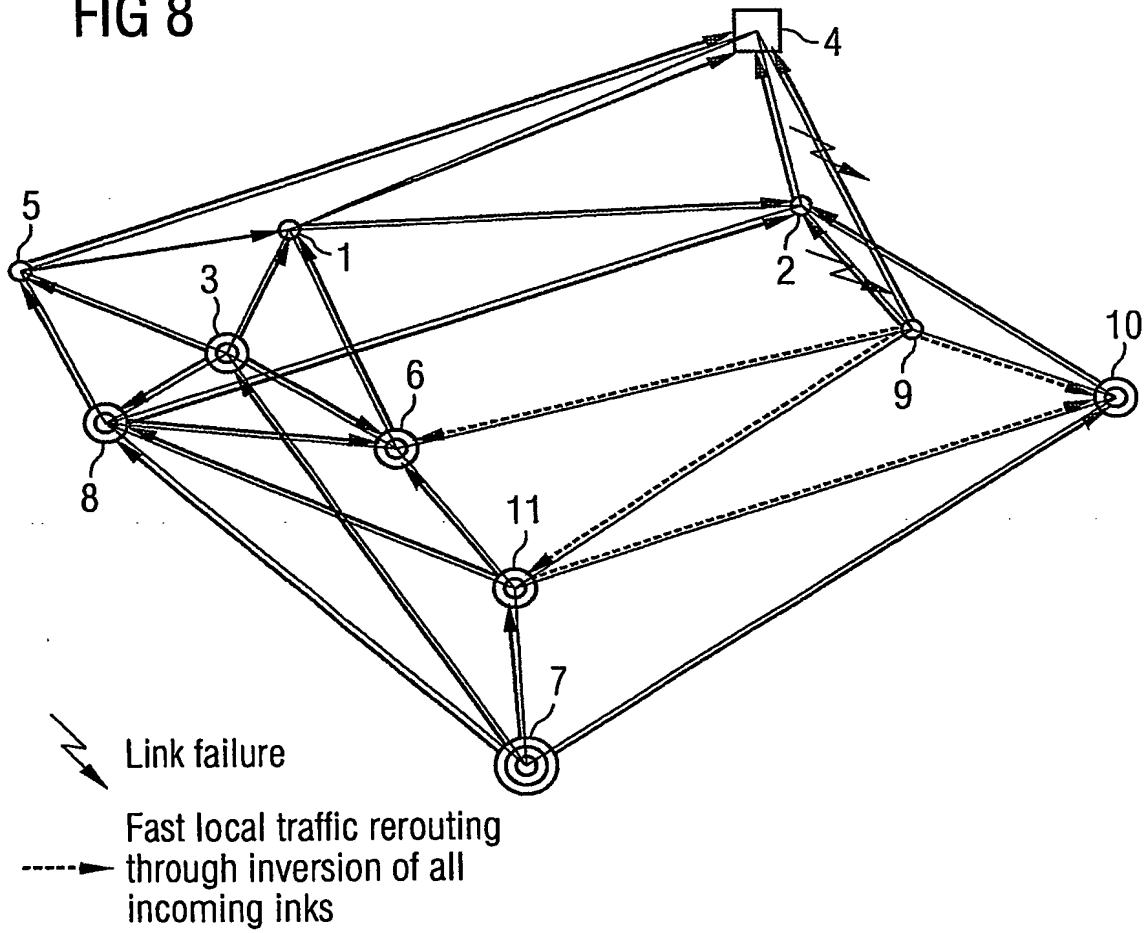


FIG 8



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/09190

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H04L12/56

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 035 751 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 13 September 2000 (2000-09-13) abstract paragraph '0020! paragraph '0027! paragraph '0040! paragraph '0051! paragraph '0065! - paragraph '0067! paragraph '0072! paragraph '0075! - paragraph '0076! paragraph '0096! --- -/--	1-7

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 December 2003

Date of mailing of the international search report

17/12/2003

Name and mailing address of the ISA

 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ngao, Y.S.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/03/09190

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	LIN Y-D ET AL: "QOS ROUTING GRANULARITY IN MPLS NETWORKS." IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER. PISCATAWAY, N.J, US, vol. 40, no. 6, June 2002 (2002-06), pages 58-65, XP001123512 ISSN: 0163-6804 page 58, left-hand column, line 1 -page 59, left-hand column, line 9 page 59, right-hand column, line 20 -page 60, right-hand column, line 31 -----	1-7
A	WO 02 15521 A (ABATIS SYSTEMS CORP) 21 February 2002 (2002-02-21) abstract page 10, line 30 -page 11, line 8 -----	1-7
A	WO 01 54448 A (ENGEL THOMAS ;SIEMENS AG (DE); CHARZINSKI JOACHIM (DE); PREHOFER C) 26 July 2001 (2001-07-26) abstract page 2, line 17 -page 6, line 28 page 9, line 10 -page 10, line 28 page 12, line 15 -page 13, line 6 -----	1-7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/03/09190

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1035751	A	13-09-2000	US 6594268 B1	15-07-2003
			EP 1035751 A2	13-09-2000
			JP 2000286896 A	13-10-2000
WO 0215521	A	21-02-2002	WO 0215521 A1	21-02-2002
			AU 6675000 A	25-02-2002
WO 0154448	A	26-07-2001	EP 1119216 A1	25-07-2001
			AU 3368901 A	31-07-2001
			CA 2398009 A1	26-07-2001
			CN 1395810 T	05-02-2003
			WO 0154448 A1	26-07-2001
			EP 1249154 A1	16-10-2002
			US 2003002531 A1	02-01-2003

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/09190

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04L12/56

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H04L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>EP 1 035 751 A (LUCENT TECHNOLOGIES INC) 13. September 2000 (2000-09-13) Zusammenfassung Absatz '0020! Absatz '0027! Absatz '0040! Absatz '0051! Absatz '0065! - Absatz '0067! Absatz '0072! Absatz '0075! - Absatz '0076! Absatz '0096!</p> <p style="text-align: center;">--- -/-</p>	1-7



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. Dezember 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

17/12/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ngao, Y. S.

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>LIN Y-D ET AL: "QOS ROUTING GRANULARITY IN MPLS NETWORKS"</p> <p>IEEE COMMUNICATIONS MAGAZINE, IEEE SERVICE CENTER. PISCATAWAY, N.J, US, Bd. 40, Nr. 6, Juni 2002 (2002-06), Seiten 58-65, XP001123512</p> <p>ISSN: 0163-6804</p> <p>Seite 58, linke Spalte, Zeile 1 -Seite 59, linke Spalte, Zeile 9</p> <p>Seite 59, rechte Spalte, Zeile 20 -Seite 60, rechte Spalte, Zeile 31</p> <p>----</p>	1-7
A	<p>WO 02 15521 A (ABATIS SYSTEMS CORP)</p> <p>21. Februar 2002 (2002-02-21)</p> <p>Zusammenfassung</p> <p>Seite 10, Zeile 30 -Seite 11, Zeile 8</p> <p>----</p>	1-7
A	<p>WO 01 54448 A (ENGEL THOMAS ;SIEMENS AG (DE); CHARZINSKI JOACHIM (DE); PREHOFER C)</p> <p>26. Juli 2001 (2001-07-26)</p> <p>Zusammenfassung</p> <p>Seite 2, Zeile 17 -Seite 6, Zeile 28</p> <p>Seite 9, Zeile 10 -Seite 10, Zeile 28</p> <p>Seite 12, Zeile 15 -Seite 13, Zeile 6</p> <p>-----</p>	1-7

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 03/09190

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1035751	A	13-09-2000	US	6594268 B1	15-07-2003
			EP	1035751 A2	13-09-2000
			JP	2000286896 A	13-10-2000
WO 0215521	A	21-02-2002	WO	0215521 A1	21-02-2002
			AU	6675000 A	25-02-2002
WO 0154448	A	26-07-2001	EP	1119216 A1	25-07-2001
			AU	3368901 A	31-07-2001
			CA	2398009 A1	26-07-2001
			CN	1395810 T	05-02-2003
			WO	0154448 A1	26-07-2001
			EP	1249154 A1	16-10-2002
			US	2003002531 A1	02-01-2003